علوم و تحقیقات بذر ایران
سال پنجم/ شماره سوم/ ۱۳۹۷ (۴۶ - ۳۳)

DOI: 10.22124/jms.2018.2933

مطالعه خصوصیات جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی گندم‌سیاه (*Fagopyrum esculentum* Moench) تحت تأثیر تنش خشکی و شوری

مهدی عقیقی شاهوردی*[۱]، آرزو پراور[۱]، مجتبی قاسم‌زاده[۲]، عاطفه نوابی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۱۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی گندم‌سیاه دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد که تیمارها شامل هشت سطح پتانسیل اسمزی (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰-، ۱۲- و ۱۴- بار) خشکی و شوری بود. نتایج تجزیه واریانس معنی-دار بودن اثر تنش خشکی و شوری را بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، بنیه بذر، محتوای کلروفیل، پروتئین محلول، فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز نشان داد. نتایج آزمایش تنش شوری و خشکی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان داد که اثرات تیمار شوری و خشکی بازدارنده است اما بازدارندگی تنش اسمزی شوری بیشتر از تنش خشکی بود، در نتیجه، عدم جوانه‌زنی نرمال در تنش شوری، از ۱۰- بار و در تنش خشکی از ۱۴- بار اتفاق افتاد. از طرفی کاهش محتوای کلروفیل و پروتئین در شرایط تنش خشکی بیشتر از تنش شوری بود و شرایط به وجود آمده منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی و سوپراکسید دیسموتاز در شرایط تنش شوری شد. بنابراین نتایج نشان داد گندم‌سیاه به تنش خشکی اعمال شده سازگاری و مقاومت بیشتری نسبت به تنش شوری دارد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، جوانه‌زنی، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، کلروفیل، گندم‌سیاه

۱- دانشجویان دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲- کارشناس تولید و فرآوری مزرعه تحقیقاتی زر گیاه فیروزآباد، استان فارس، ایران
۳- کارشناس ارشد شیمی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران
*نویسنده مسئول: m.aghighi@shahed.ac.ir

مقدمه

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که با ممانعت از جذب آب به داخل بذر و ایجاد محدودیت در ترکیبات پروتئینی باعث کاهش جوانه‌زنی بذر می‌شود (Mafakheri *et al.*, 2010). تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر بر جوانه‌زدن بذر و رشد آن تأثیر می‌گذارد. به طوری که تنش شوری در ابتدا باعث کاهش جذب آب توسط بذرها به دلیل پتانسیل اسمزی محیط شده و در مرحله دوم باعث سمیت و ایجاد تغییر در فعالیت آنزیمی می‌شود (Rahnama *et al*., 2011). بیوکی و همکاران (Bioli *et al*., 2010) در آزمایشی با بررسی سطوح مختلف شوری و خشکی بر روی بذر مارتیغال[1] نشان داد که تنش‌های شوری و خشکی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد. مطالعات نشان داده است که شرایط کمبود آب نیز منجر به تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی شده در نتیجه باعث برگشت ناپذیر بودن آسیب کمبود آب به سیستم فتوسنتزی می‌شود (Trezi and Kadioglu, 2006).

شوری و خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی هستند که سبب مهار فتوسنتز و تغییرات کلروفیل شده در نتیجه این عوامل منجر به کاهش فعالیت‌های فتوشیمیایی و آنزیمی می‌شود (Abedi and Pakniyat, 2010). گزارش‌هایی مبنی بر کاهش محتوای کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی وجود دارد (Nayyar and Gupta, 2006). محققان افزایش میزان پروتئین‌های محلول در گندم در شرایط تنش شوری (Heidari and Mesri, 2008) و در زیتون در شرایط تنش خشکی را نشان داده‌اند. باجی و همکاران (Baji *et al*., 2001) گزارش کردند که به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین و کاهش سنتز پروتئین، غلظت پروتئین‌های محلول برگ‌ها در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد.

علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی که در اثر تنش‌های محیط از جمله شوری و خشکی در گیاه ایجاد می‌شود صدمات اکسیداتیو نیز از عوامل مهم محدود کننده رشد و تولیدات گیاهی هستند که در اثر عدم وجود شرایط مناسب ایجاد می‌شود (Sairam *et al*., 2002). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده دارای سیستم دفاعی با کارایی بالا هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد تولید شده را از بین برده و یا خنثی کنند که این سیستم دفاعی شامل مکانیسم آنزیمی و غیر آنزیمی است (Mittler, 2002). آنزیم‌های این سیستم دفاعی شامل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، دهیدرو آسکوربات ریداکتاز و گلوتاتیون ریداکتاز است (Blokhin *et al*., 2003). محققان گزارش کرده‌اند که در ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز افزوده می‌شود (Heidari and Mesri, 2008). مشاهده شده است که در شرایط خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز در گیاهان متحمل بیش از گیاهان حساس است از این‌رو به نظر می‌رسد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی دارای نقش مهمی می‌باشند (Guo *et al*., 2006).

گندم‌سیاه (*Fagopyrum esculentum* Moench) گیاهی یک‌ساله از خانواده هفت‌بند، بومی آمریکاست و در مزارع شمال شرقی و شمال ایالات متحده کشت آن رایج است. این گیاه دارای پروتئین غیر گلوتن با ترکیب متعادل اسید آمینه و مقدار زیادی چربی خام که در آن اسیدهای چرب غیراشباع غالب هستند، می‌باشد. گندم‌سیاه یکی از منابع مهم دارویی است که دارای اثرات مفیدی مانند ضد تجمع پلاکت و ضد آسم و تثبیت کننده تأثیر بر فشار خون بالا می‌باشد. علاوه بر این، ارزش غذایی گندم‌سیاه به خاطر وجود پروتئین‌های خاص بسیار بیشتر از دیگر محصولات دانه‌ای است (Lim *et al*., 2012). اگرچه این محصول در شرایط محیطی نسبت به دیگر محصولات دانه‌ای کمتر مورد توجه قرار گرفته است ولی گندم‌سیاه به شرایط نامطلوب رشد محیطی سازگار است (Hagiwara *et al*., 2002). با توجه به خواص دارویی و صنعتی و نقش گندم‌سیاه در کشاورزی به عنوان گیاهی چند منظوره معرفی می‌شود از این‌رو لازم است که تحقیقات کاملی از جهات گوناگون بر روی این گونه گیاهی صورت گیرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی گیاه گندم سیاه بوده تا پاسخ‌های گیاه در مقابله با تنش شوری و خشکی ارزیابی شود.

[1] *Silybum marianum* L.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی گندم سیاه دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. ۲۵ عدد بذر از هر تیمار در ظرف‌های پتری نه سانتی‌متر که حاوی دو عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک و ۱۰ میلی‌لیتر از آب مقطر یا محلولی از کلریدسدیم (NaCl) یا پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG6000) (براساس تیمارهای مختلف) بود، قرار داده شد. عوامل اسمزی در هشت تیمار پتانسیل اسمزی صفر (شاهد)، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰-، ۱۲- و ۱۴- بار بود که به صورت دو آزمایش جداگانه و با استفاده از پلی‌اتیلن-گلیکول ۶۰۰۰ و کلریدسدیم در آب مقطر ایجاد شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد که تیمارها شامل هشت سطح پتانسیل اسمزی خشکی و شوری بود. سپس نمونه-ها طی ۱۴ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ژرمیناتور و رطوبت نسبی ۷۵ درصد در سیکل نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند (Oplinger *et al*., 2017). بذرها به طور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه زده ثبت شد. در نهایت شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه گردید.

درصد جوانه‌زنی از رابطه۱ محاسبه شد (Paravar *et al*., 2015).

رابطه ۱ $$GP=100\times(\frac{nG}{NT})$$

که در آن GP= درصد جوانه‌زنی، n= تعداد بذر جوانه زده و NT= تعداد کل بذور کشت شده است.

سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۲ محاسبه شد (Kalsa and Abebie, 2012).

رابطه ۲ $$GR=\sum\frac{ni}{di}$$

که GR= سرعت جوانه‌زنی،ni =تعداد بذور جوانه زده در روز iام، di= زمان پس از کاشت مرتبط با ni بر حسب روز است.

بنیه بذر از رابطه ۳محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

رابطه ۳ قوۀ نامیه × میانگین طول گیاهچه = SVI

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل گیاهچه‌ها از روش آرنون (Arnon, 1976). استفاده شد. بر طبق این روش ۰/۲۵ گرم گیاهچه (برداشت شده در انتهای آزمایش از گیاهچه‌های رشد کرده در داخل پتری دیش) در هاون چینی حاوی پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد. سپس با استفاده از سانتریفیوژ (۵۰۰۰ دور در ۵ دقیقه) جذب محلول رویی را در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۶ با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (Perkin Elmer ساخت امریکا، سال ۲۰۰۵، مدل Lambda 25) قرائت شد. با روابط زیر میزان کلروفیل کل محاسبه گردید.

روابط ۴

Total Chlorophyll (Total Chl) = Chl a + Chl b
Chlorophyll a (Chl a)=(12.25×A663-2.79×A649)
Chlorophyll b (Chl b) = (21.21 A646 – 5.1 A663)

اندازه‌گیری پروتئین محلول

ابتدا به منظور اندازه‌گیری میزان پروتئین و فعالیت آنزیم-های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، عصاره‌گیری از ۰/۲۵ گرم نمونه گیاهی صورت گرفت و از این عصاره پایه برای اندازه‌گیری این صفات استفاده شد. اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول به روش برادفورد (Bradford, 1976) اجرا شد. ۵۰ میکرولیتر از هر عصاره به حجم کل ۱۰۰ میکرولیتر رسانده شد و سپس ۵ میلی‌لیتر محلول برادفورد به آن اضافه گردید و بعد از مخلوط کردن با دستگاه ورتکس و گذشت ۱۵ دقیقه جذب محلول در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی پروتئین استاندارد، درصد پروتئین محاسبه گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

از عصاره تهیه شده پایه به منظور اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کاتالاز () گیاهچه گندم‌سیاه استفاده شد تا مکانیسم‌هایی که مسئول حفاظت از گیاه در مقابل تنش اکسیداتیو هستند، مشخص شود. بدین جهت، مخلوط واکنشی که محتوی ۰/۶ میلی‌لیتر از آنزیم استخراج شده (عصاره پایه تهیه شده)، ۰/۱میلی‌لیتر از پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) (۱۰ میلی‌مول بر لیتر) و ۲ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات (۳۰ میلی مول بر لیتر وpH=7) در داخل کووت در دستگاه اسپکتوفتومتر (Perkin Elmer ساخت امریکا، سال ۲۰۰۵، مدل Lambda 25) قرار داده شد و تغییرات جذب در مدت زمان یک دقیقه در ۲۴۰ نانومتر قرائت شد (Aebi, 1984).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

جهت تعیین مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Superoxide dismutase activity: SOD) از روش سایرام و همکاران (Sairam *et al*., 2002) استفاده شد. برای تهیه

ترکیب واکنش از ۱۳ میلی مول متیونین (Methionine)، ۲۵ میکرومول نیترو بلو تترازولیوم (Nitro blue tetrazolium chloride)، ۶ میکرومول محلول ۰/۵ مولار EDTA، ۱/۵ میلی-لیتر از محلول ۱ مولار بافر فسفات، ۶۰ میکرومول میکرو ریبوفلاوین (Micro riboflavin) ۱ میلی مولار و ۵۰ میلی مول بی‌کربنات سدیم (Sodium bicarbonate) استفاده شد. سپس ۲/۹ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل را داخل تیوپ ریخته بلافاصله پس از افزودن ۲ میکرومول ریبوفلاوین و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به مدت ۱۵ دقیقه زیر نور لامپ فلورسانس قرار داده شد. در نهایت میزان فعالیت آنزیم با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (Perkin Elmer ساخت امریکا، مدل Lambda 25) در طول موج ۵۶۰ نانومتر سنجیده شد. Catalase activity: CAT تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3.1 به صورت دو آزمایش جداگانه شوری و خشکی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. قابل ذکر است که به علت عدم جوانه‌زنی نرمال در سطح خشکی ۱۴- بار و سطوح شوری ۱۰-، ۱۲- و ۱۴- بار تجزیه این صفات به ترتیب در ۷ و ۵ سطح تیماری در سه تکرار تجزیه گردید. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و شوری بر درصد جوانه‌زنی را نشان داد (جداول ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش سطوح تنش خشکی درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت و در تنش ۱۴- بار به صفر رسید (شکل ۱). رسام و دادخواه (Rassam and Dadkhah, 2012). در ارزیابی تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر ژنوتیپ‌های عدس به چنین نتیجه‌ای دست یافتند. توبه و همکاران (Tobe *et al*., 2001) گزارش کردند انجام فرآیند جوانه‌زنی نیازمند وجود رطوبت کافی در بستر رشد بذر و جذب آب از محیط است. گزارش شده است که کاهش یا تأخیر جوانه‌زنی در شرایط تنش‌های محیطی با استقرار ضعیف و تراکم پایین گیاهچه همراه است (Soltani *et al*., 2002). بنابراین بروز تنش خشکی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه است که پیامد آن کاهش درصد جوانه‌زنی است (Soltani *et al*., 2006). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش سطوح تنش شوری درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت و از تنش ۱۰- بار به صفر رسید (شکل ۱). تورهان و ایاز (Turhan and Ayaz, 2004) دریافتند که افزایش سطوح شوری با اثر بر روی تقسیم سلولی و متابولیسم گیاه جوانه‌زنی را کاهش داد. آن‌ها همچنین دریافتند که اثر بازدارندگی کلرید-سدیم بر جوانه‌زنی بذر آفتاب‌گردان به جذب یون‌های کلر و سدیم توسط هیپوکوتیل بستگی دارد. بررسی‌های شهید و همکاران (Shahid *et al*., 2011) در نخود فرنگی و کایا و آبپک (Kaya and Ipek, 2003) در گلرنگ نشان داد که درصد جوانه‌زنی با افزایش تنش شوری کاهش یافت. نتایج افزایش میزان جوانه‌زنی گندم‌سیاه به تنش شوری را نسبت به تنش خشکی تا ۶- بار نشان داد اما میزان جوانه‌زنی با بیشتر شدن سطوح شوری از ۱۰- بار به صفر رسید در حالی که میزان جوانه‌زنی در تنش خشکی ۱۴- بار به صفر رسید که این نتایج نشان دهنده سازگاری بالای گندم‌سیاه به افزایش سطوح خشکی نسبت به تنش شوری بود (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گندم‌سیاه

Table 1. Analysis of variance for effect of drought stress on germination indices of *buck wheat* seedling

		میانگین مربعات (Mean square)			
منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination %	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	بنیه بذر SVI	طول گیاهچه Seedling length
تنش خشکی Drought Stress	6	929.42**	0.1×10^{-3}**	62.67**	208.84**
خطا Error	14	9.07	0.5×10^{-5}	0.426	0.117
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation(%)	-	10.41	16.27	4.43	9.92

ns و * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1%, respectively (SVI: Seed Vigor Index).

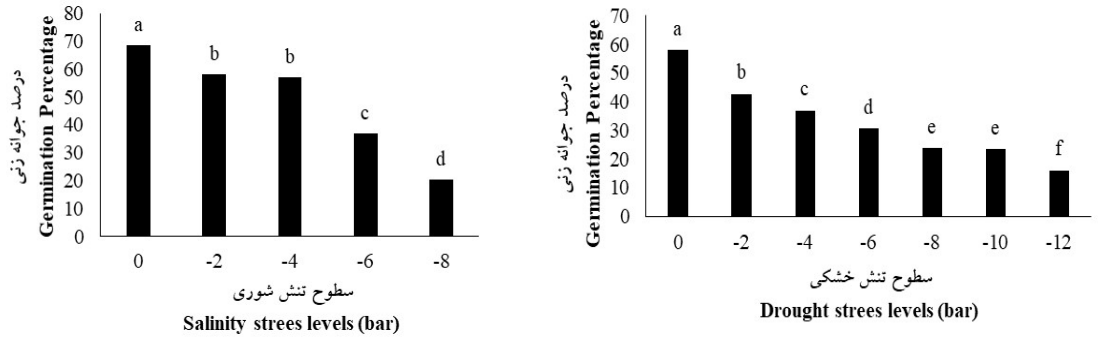
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی گندم‌سیاه

Table 2. Analysis of variance for effect of salinity stress on germination indices of *buck wheat* seedling

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square) درصد جوانه‌زنی Germination %	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	بنیه بذر SVI	طول گیاهچه Seedling length
تنش شوری Salinity Stress	4	2500.10**	0.2×10^{-3}**	56.50**	159.79**
خطای آزمایش Experimental error	10	8.96	0.2×10^{-4}	0.51	0.046
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation(%)	-	9.95	15.64	4.47	8.43

ns و * و ** بترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در ۵٪ و ۱٪

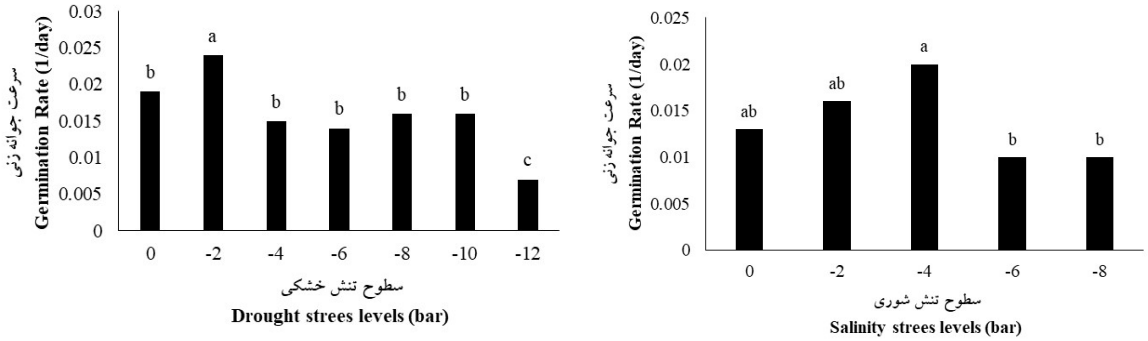
ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1%, respectively (SVI: Seed Vigor Index).



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر درصد جوانه‌زنی

Figure 1. Mean comparison effect drought and salinity stress on germination percentag

سرعت جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش خشکی و شوری بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی تا ۲- بار افزایش یافت اما با بیشتر شدن سطوح خشکی از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد به طوری که در تنش ۱۲- بار به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۱). محققان دریافتند که با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی در عدس (Rassam and Dadkhah, 2012) و گندم (Soltani *et al*., 2006) کاهش یافت. بنابراین وجود محلول-هایی نظیر پلی‌اتیلن‌گلیکول با کاهش پتانسیل اسمزی محیط مانع جذب آب یا کند شدن جذب می‌شوند در نتیجه این اختلال در جذب آب سبب تأخیر در خروج ریشه‌چه و در نهایت کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Rassam and Dadkhah, 2012). نتایج مقایسه میانگین افزایش سرعت جوانه‌زنی را با افزایش تنش شوری تا تنش ۶- بار نشان داد اما با بیشتر شدن سطوح شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و از تنش ۱۰- بار به صفر رسید (شکل ۲). مصطفوی و حیدریان (Mostafavi and Heidariyan, 2011) در بررسی اثر تنش شوری بر ارقام آفتاب‌گردان دریافتند که با افزایش سطوح شوری میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت به طوری که سرعت جوانه‌زنی حساس‌تر از درصد جوانه‌زنی بود. مطالعات نشان داده است که کاهش سرعت جوانه‌زنی با کاهش جذب آب توسط بذر در مرحله آبگیری و تورژسانس ارتباط دارد (Baybordi and Tabatabaei, 2009). نتایج افزایش سرعت جوانه‌زنی گندم‌سیاه به تنش خشکی را نسبت به تنش شوری نشان داد به طوری که سرعت جوانه‌زنی در تنش شوری ۱۰- بار به صفر رسید اما

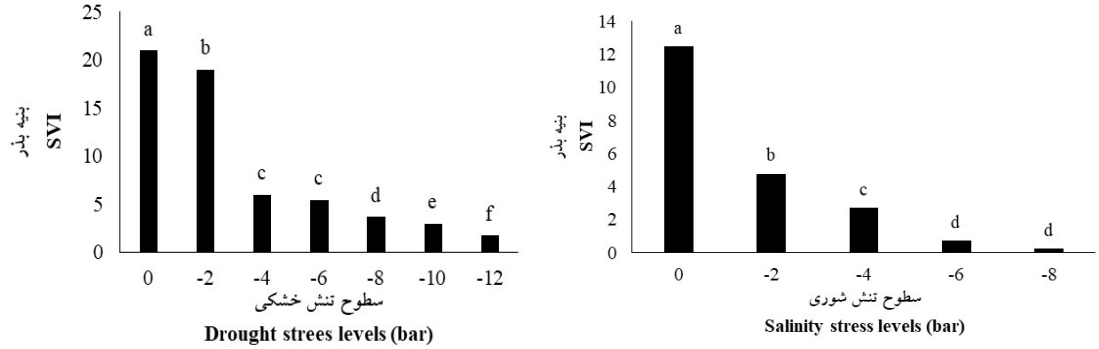


شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر سرعت جوانه‌زنی

Figure 2. Mean comparison effect drought and salinity stress on germination rate

سرعت جوانه‌زنی در تنش خشکی ۱۴- بار به صفر رسید که این نتایج نشان دهنده سازگاری بالای گندم‌سیاه به افزایش سطوح خشکی نسبت به تنش شوری بود (شکل ۲).

بنیه بذر: نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و شوری بر بنیه بذر را نشان داد (جداول ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش سطوح تنش خشکی بنیه بذر به طور معنی‌داری کاهش یافت و در تنش ۱۲- بار به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۳). محققان در بررسی اثر تنش خشکی بر روی شاخص بنیه بذر خرفه مشاهده کردند که با منفی‌تر شدن شاخص پتانسیل آب شاخص بنیه گیاهچه کاهش یافت (Rahimi and Kafi, 2008). گزارش شد که شاخص بنیه بذر در بذرهایی که تحت تنش بودند کاهش یافت. مشاهده شد که با افزایش سطوح تنش شوری بنیه بذر کاسته شد و در تنش ۱۰- بار به صفر رسید (شکل ۳). یافته‌های خدارحم‌پور (Khodarahmpour, 2011) و مصطفوی (Mostafavi, 2011) بر کاهش بنیه بذر توسط تنش شوری تأکید داشت. نتایج افزایش بنیه بذر گندم‌سیاه به تنش خشکی را نسبت به تنش شوری نشان داد به طوری که بنیه بذر در تنش شوری ۱۰- بار به صفر رسید ولی بنیه بذر در تنش خشکی ۱۴- بار به صفر رسید که نشان دهنده مقاومت گندم‌سیاه به افزایش سطوح خشکی نسبت به تنش شوری بود (شکل ۳).

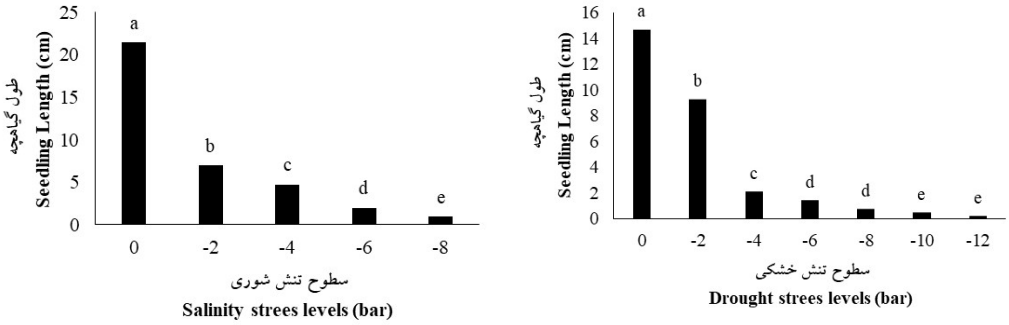


شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر بنیه بذر

Figure 3. Mean comparison effect drought and salinity stress on SVI

طول گیاهچه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و شوری بر طول گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که مقدار طول گیاهچه با افزایش تنش خشکی کاهش یافت به طوری که در تنش ۱۴- بار به صفر رسید (شکل ۴). در مطالعه‌ای که اخوان و همکاران (Akhavan *et al*., 2012) روی گونه‌هایی از جنس چچم انجام دادند، مشخص شد که در تیمار شاهد حداکثر مقدار طول گیاهچه به دست آمد و با کاهش پتانسیل مقدار طول

گیاهچه کاهش یافت. علت کاهش این امر را به دلیل افزایش محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول و همچنین افزایش فشار و پتانسیل اسمزی در محیط کشت نسبت دادند که سبب کاهش جذب آب توسط بذرها و مانع تولید گیاهچه‌های طبیعی شده است. مشاهده شد که مقدار طول گیاهچه با افزایش سطوح شوری کاهش یافت و در ۱۰- بار طول گیاهچه به صفر رسید (شکل ۴). کاهش طول گیاهچه با افزایش تنش شوری توسط پیلدریم و گونچ (Yildirim and Guvene, 2006) در فلفل، اوکسو و همکاران (Oksu *et al*., 2005) در نخود فرنگی و مصطفوی و همکاران (Mostafavi and Heidariyan, 2011) در آفتاب-گردان گزارش شده بود. نور و همکاران (Noor *et al*., 2001) دریافتند که تحت تنش شوری عملکرد هورمون سیتوکنین در ریشه‌چه متوقف می‌شود بنابراین می‌توان گفت طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای اندازه‌گیری تحمل به تنش شوری در گیاهان مختلف است. نتایج افزایش مقدار طول گیاهچه گندم‌سیاه به تنش خشکی را نسبت به تنش شوری نشان داد به طوری که طول گیاهچه در تنش شوری ۱۰- بار به صفر رسید ولی در شرایط خشکی در تنش ۱۴- بار به صفر رسید که این نتایج نشان دهنده سازگاری بالای گندم‌سیاه به افزایش سطوح خشکی نسبت به تنش شوری بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر طول گیاهچه

Figure 4. Mean comparison effect drought and salinity stress on seedling length

محتوای کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و شوری بر محتوای کلروفیل کل را نشان داد (جداول ۳ و ۴). نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش سطوح تنش خشکی محتوای کلروفیل کل به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵). توکلی و همکاران (Tavakoli *et al*., 2009) به کاهش محتوای کلروفیل طی تنش خشکی در ارقام گندم اشاره کرده‌اند. از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده می‌توان به تخریب غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن (Ashraf *et al*., 1994) اشاره کرد. از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد چون با کاهش کلروفیل الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و به دنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد تا تنش شوری ۲- بار میزان محتوای کلروفیل افزایش یافت اما با بیشتر شدن سطوح تنش شوری این پارامتر کاهش یافت (شکل ۵). توران و همکاران (Turan *et al*., 2009) در بررسی روی گیاه ذرت تحت تنش شوری اظهار داشتند که کل محتوای کلروفیل برگ ذرت به وسیله افزایش سطوح شوری کاهش یافت همچنین اشاره کرده‌اند که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست و تغییر تعداد و اندازه کلروپلاست‌ها می‌شود. کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری به دلیل عوامل متعددی مانند دهیدراسیون غشاء سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری دی اکسید کربن، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان کربن دی اکسید به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به دلیل تغییرات ساختاری در منبع می‌باشد (Javadipour *et al*., 2012). مشاهده شد که محتوای کلروفیل در شرایط تنش شوری بیشتر از تنش خشکی است در نتیجه این نتایج بازگو کننده سازگاری گندم‌سیاه به تنش شوری بود (شکل ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی گندم‌سیاه

Table 3. Analysis of variance for effect of drought stress on some physiological indices of *buck wheat* seedling

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square) کلروفیل کل Total Chlorophyll	پروتئین Protein	آنزیم کاتالاز CAT activity	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز SOD activity
تنش خشکی Drought Stress	6	31.75**	17.23**	6.11**	84.37**
خطا Error	14	6.42	2.02	0.01	2.04
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation (%)	-	5.75	10.53	9.41	8.20

ns و * و ** بترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1%, respectively (CAT: Catalase activity, SOD: Superoxide dismutase activity).

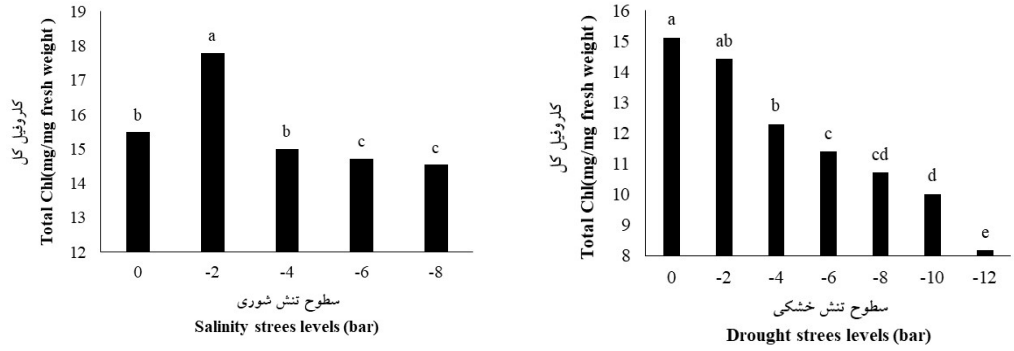
جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی گندم‌سیاه

Table 4. Analysis of variance for effect of salinity stress on some physiological indices of *buck wheat* seedling

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square) کلروفیل کل Total chlorophyll	پروتئین Protein	آنزیم کاتالاز CAT activity	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز SOD activity
تنش شوری Salinity stress	4	46.72**	34.60**	12.02**	128.36**
خطا Error	10	6.70	5.88	0.38	8.62
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation (%)	-	9.34	12.06	11.00	14.12

ns و * و ** بترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1%, respectively (CAT: Catalase activity, SOD: Superoxide dismutase activity)

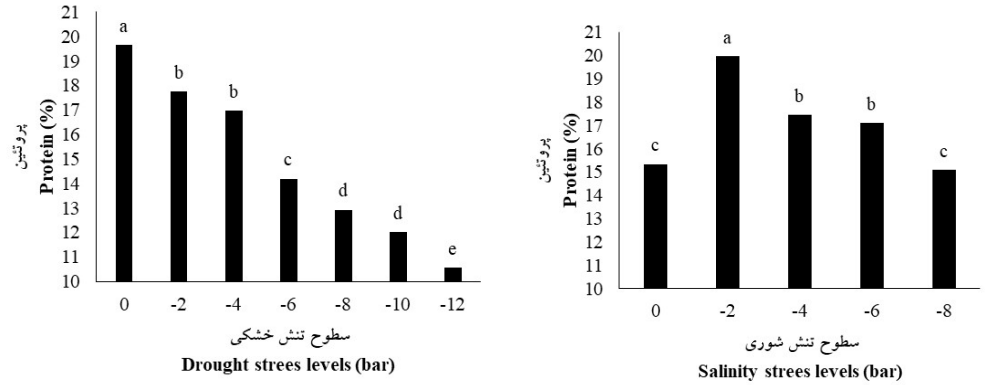


شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر کلروفیل کل

Figure 5. Mean comparison effect drought and salinity stress on Total Chlorophyll

محتوای پروتئین محلول: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش خشکی و شوری بر محتوای پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشخص کردند که با بیشتر شدن سطوح تنش خشکی محتوای پروتئین محلول کاهش یافته است (شکل ۶). طالع احمد و حداد (Taleahmad and Hadad, 2010) بیان کردند که محتوای پروتئین‌های محلول برگ در اثر تنش خشکی در ارقام گندم کاهش یافت. در این مورد باجی و همکاران (Bajji *et al.*,

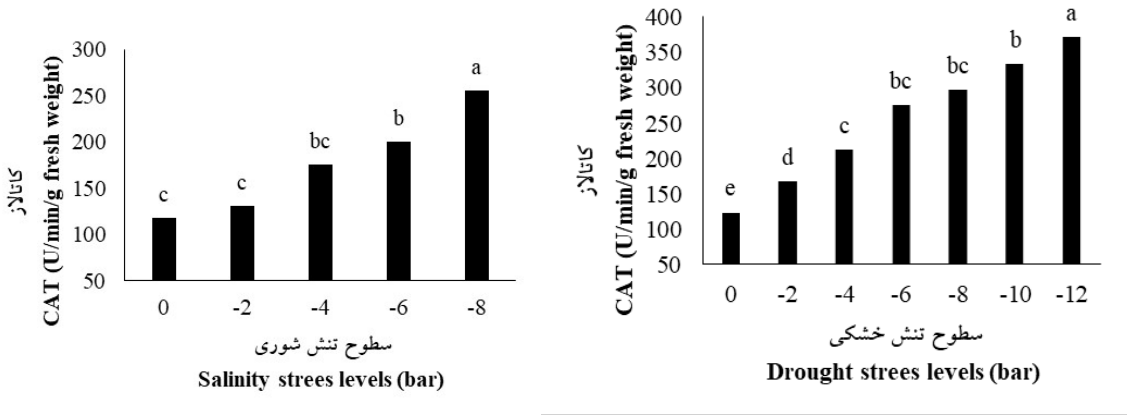
2001) گزارش کردند کاهش محتوای پروتئین‌های محلول در اثر تنش خشکی به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسید آمینه آزاد است. مشاهده شد که محتوای پروتئین محلول تا تنش شوری ۲- بار افزایش یافت اما با بیشتر شدن سطوح شوری میزان آن کاهش یافت (شکل ۶). قربانلی و همکاران (Ghorbanli *et al*., 2008) کاهش محتوای پروتئین‌های محلول در گیاهان تحت تنش شوری را بر روی گندم‌سیاه گزارش کردند. دولت شاه و همکاران (Daovlatshah *et al*., 2013) مشاهده کردند که از دلایل کاهش میزان پروتئین در شرایط تنش شوری به دلیل کاتابولیسم شدید و تجمع زیاد پروتئین‌هایی است که وزن مولکولی کم دارند که اسیدهای آمینه، آمیدها و تعدادی از پپتیدها از آن جمله‌اند. مشاهده شد که محتوای پروتئین محلول در شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی بالاتر است که نشان از سازگاری بیشتر گندم‌سیاه به شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی بود (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر محتوی پروتئین
Figure 6. Mean comparison effect drought and salinity stress on protein content

فعالیت آنزیم کاتالاز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز را نشان داد (جداول ۳ و ۴). نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش سطوح تنش خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۷). حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2012) گزارش کردند با بیشتر شدن سطوح تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز افزایش یافت در نتیجه علت افزایش فعالیت آنزیم را به این دلیل دانستند که تنش خشکی تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن را القا می‌کند. به دلیل اینکه افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در غلظت‌های بالا برای سلول زیان‌آور هستند و تولید این ترکیبات سبب خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشای سلولی می‌شوند در نتیجه تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز باعث حذف و غیر فعال کردن گونه‌های فعال می‌شود (Bailly, 2004). مشاهده شد که با بیشتر شدن سطوح تنش شوری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت (شکل ۷). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در تحقیقات پیشین نیز گزارش شده است (Ashraf and Ali, 2008). گزارش نمودند افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش شوری منجر به کاهش تخریب غشاء سلولی و آسیب دیدگی گیاه پنبه شد (Meloni *et al*., 2003). نتایج افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را با بیشتر شدن سطوح تنش خشکی نسبت به تنش شوری نشان داد که این نتایج بازگو کننده مقاومت گندم‌سیاه و تخریب کمتر غشاء سلولی در شرایط خشکی بود (شکل ۷).

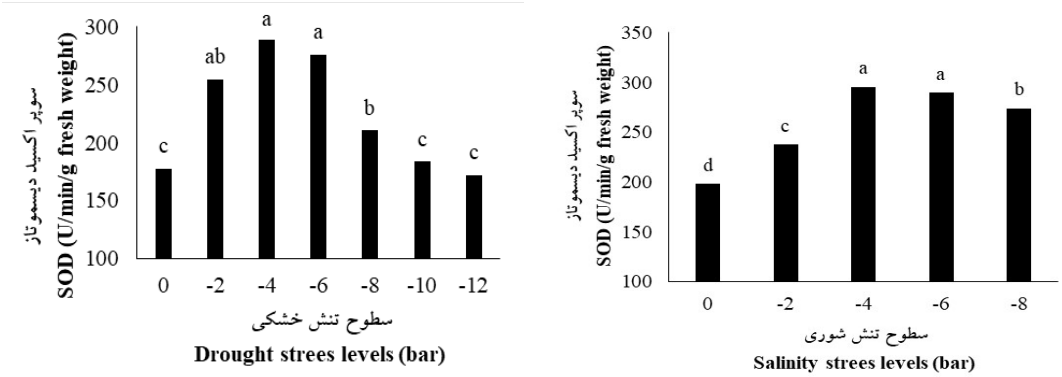
فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش خشکی و شوری بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بود (جداول ۳ و ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشخص کردند که فعالیت آنزیم سوپراکسید



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز

Figure 7. Mean comparison effect drought and salinity stress on CAT activity

دیسموتاز تا تنش ۸- بار افزایش یافت اما با زیاد شدن سطوح تنش خشکی از میزان فعالیت آنزیم کاسته شد (شکل ۸). گزارش شده است که با افزایش سطوح تنش خشکی، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت (Abrishamchi *et al.*, 2011). افزایش رادیکال‌های آزاد مثل سوپراکسید، نتیجه مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی از جمله خشکی است در این راستا واکنش بعدی گیاه سنتز و فعالیت بیشتر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در جهت خنثی‌سازی هرچه بیشتر آنیون مخرب سوپراکسید است بنابراین مکانیسم‌هایی در گیاه که باعث تنش اکسیداتیو می‌شوند، می‌توانند نقش مهمی در سازگاری گیاه به محیط‌های دارای تنش ایفا نمایند (Sairam *et al.*, 2002). نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و شوری بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

Figure 8. Mean comparison effect drought and salinity stress on SOD activity

تنش ۶- بار زیاد شد اما با بیشتر شدن سطوح شوری فعالیت آنزیم کاهش یافت (شکل ۸). گزارش شده است که در طی تنش شوری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله سوپر اکسید دیسموتاز فعال می‌شوند که این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گونه‌های اکسیژن فعال را تجزیه می‌نمایند در نتیجه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان با تحمل تنش در گیاهان رابطه مستقیم دارد (Mittler, 2002). برای مثال محققان دریافتند فعالیت آنزیم کاتالاز در لوبیا (Souza and Devaraj, 2010 ; Aydin *et al.*, 2011) با بیشتر شدن سطوح تنش شوری افزایش یافت. مشاهده شد که افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی بیشتر است در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز سازگاری گندم‌سیاه به شرایط شوری را نشان داد (شکل ۸).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمون تنش شوری و خشکی بر پارامترهای اندازه-گیری شده نشان داد که اثرات تیمار شوری و خشکی بازدارنده است اما بازدارندگی تنش اسمزی شوری بیشتر از تنش خشکی بود. در تنش خشکی در پتانسیل اسمزی ۱۴- بار و در تنش شوری بعد از پتانسیل اسمزی ۱۰- بار جوانه‌زنی بذر صورت نگرفت. در مورد صفات فیزیولوژیک، تنش شوری و خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل و پروتئین گردید. قابل ذکر است که شوری سطح ۲- بار اثر افزاینده بر مقدار کلروفیل و پروتئین داشت. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش تنش‌ها افزایش نشان داد که می‌تواند به علت افزایش و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن باشد. بنابراین این شرایط به وجود آمده منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی نسبت به تنش شوری شد و افزایش سوپراکسید دیسموتاز در شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی شد که گیاه با سنتز و فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در جهت خنثی‌سازی آنیون‌های مخرب کمک کرد. بنابراین نتایج نشان داد که گندم‌سیاه به شرایط وجود آمده تنش خشکی سازگاری و مقاومت بالایی نسبت به تنش شوری دارد.

منابع

Abdul- Baki, A. and Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science. 13: 630-633. **(Journal)**

Abedi, T. and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46: 27-34

Abrishamchi, P., Ganjeali, A. and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research. 3(2): 17-30. (In Persian)**(Journal)**

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods Enzymol. 105: 121–126.

Akhavan, M., Azarnivand, H., Osare, M. H., Ashraf Jafari, A. and Tavili, A. 2012. Effects of drought stress on germination indices in four genotypes of forage. Grazing and Watershed. 66(2): 167-177 (In Persian).

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121. **(Journal)**

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H. and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiology Plant. 16(3): 185-191. **(Journal)**

Ashraf, M. and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany. 63: 266–273. **(Journal)**

Aydin, A., Kant, C. and Turan, M. 2011. Hydrogel substrate alleviates salt stress with increase antioxidant enzymes activity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. African Journal of Agricultural Research. 6: 715-724. **(Journal)**

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research. 14: 93- 107. **(Journal)**

Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J. M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science. 160: 669-681. **(Journal)**

Bioki, R., Rezvani Moghadam, P., Khazaei, H., Ghorbani, R. and Astaraei, A. R. 2010. The effects of salinity and drought stress on seed germination of *Silybum marianum* to salinity stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(1): 12-19. (In Persian) **(Journal)**

Blokhin, O., Virolainen, E. and Fagersted, K. 2003. Antioxidant oxidative damage and oxygen deprivation stress. Annual Review Botany. 91: 179-194. **(Journal)**

Baybordi, A. and Tabatabaei, J. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 37 (2): 71-76. **(Journal)**

Daovlatshah, M., Rezaei Nejad, A. and Gholami, M. 2013. The effect of salinity stress on fruit yield and some physical and biochemical characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Plant Production Technology. 14(2): 127-138. (In Persian) **(Journal)**

Ghorbanli, M., Hasheminiya, A. Peyvandi, M. 2008. The effects of ascorbic acid on salt stress on some physiological responses nigella. Medicinal Plant Research. 26(3): 370-388. (In Persian) **(Journal)**

Guo, Z., Ou, W., Lu, S. and Zhong, Q. 2006: Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. Plant Physiology and Biochemistry. 44: 828–836. **(Journal)**

Hagiwara, M., Ota, A. and Inoue, N. 2002. Effect of water stress on growth and fertilization rate of common buckwheat. Fagopyrum. 19: 63-69. **(Journal)**

Heidari, M. and Mesri, F. 2008. Salinity effects on compatible solutes, antioxidants enzymes and ion content in three wheat cultivars. Pakistan Journal Biological Science. 11(10): 1385-1389. **(Journal)**

Heidari, M., Miri, H. R. and Minaei, A. 2012. Activities of antioxidant enzymes and biochemical compounds borage European response to drought stress and humic acid. Environmental Stresses in Crop Sciences. 6(2): 159-170. (In Persian) **(Journal)**

Javadipour, Z., Movahhedi Dehnavi, M. and Balouchi, H. R. 2012. Evaluation of photosynthesis parameters, chlorophyll content, and fluorescence of safflower cultivars under saline condition. Crop Production. 6(2): 35-56. (In Persian) **(Journal)**

Kalsa, K. K. and Abebie, B. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigour traits of *Vicia villosa* a sp. dasycarpa (Thn). African Journal of Agricultural Research. 7 (21): 3202-3208. **(Journal)**

Kaya, M. and Ipek, D. A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 27: 221-227. **(Journal)**

Khodarahmpour, Z. 2011. Screening maize (*Zea mays* L.) hybrids for salt stress tolerance at germination stage. African Journal Biotechnology. 10(71): 15959-15965. **(Journal)**

Lim, J. H., Park, K. J., Kim, B. K., Jeong, J. W. and Kim, H. J. 2012.Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout. Food Chemistry. 135:1065-1070. **(Journal)**

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science. 4(8): 580-585. **(Journal)**

Meloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A. and Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase, and glutathione reductase in cotton under salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology. 15(2): 12-21. **(Journal)**

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Science. 7: 405-410. **(Journal)**

Mostafavi, K. 2011. An evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), seed germination and seedling characters in salt stress conditions. African Journal Agricultural Research. 6(7): 1667-1672. (**(Journal)**

Mostafavi, K. H. and Heidariyan, A. R. 2011. Effects of different salinity levels on germination indices in four sunflower varieties. Agronomy and Plant Breeding. 8(4): 123-131. (In Persian) **(Journal)**

Nayyar, H. and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C_3 and C_4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany. 58: 106-113. **(Journal)**

Noor, E., Azhar, F. M. and Khan, A. L. 2001. Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. International Journal of Agricultural and Biological. 3(4): 345-347. **(Journal)**

Oksu, G., Kaya, M. D. and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 237-242. **(Journal)**

Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Brinkman, M.N. and Kelling, K.A. 2017. Buckwheat. Alternative Field Crops Manual. 1-3. https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/.

Paravr, A., Omidi, H., Esanejad, N. and Amirzadeh, M. 2015. Effect hydro priming seed germination and seedling growth coneflower (*Echinaceac prupurea*) under salt stress. Journal Seed Ecophysiology. 1 (1): 57-69. (In Persian) **(Journal)**

Rahimi, Z. and Kafi, M. 2008. Effects of drought stress on germination characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 2(1): 87-91. (In Persian) **(Journal)**

Rahnama, A., Munns, R., Poustini, K. and Watt, M. 2011. A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. Journal of Experimental Botany. 62: 69–77. **(Journal)**

Rassam, G. A. and Dadkhah, A. 2012. The Effect of drought stress on germination and heterotrophic seedling growth characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Agriculture. 6(9): 13-24. **(Journal)**

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long-term salt stress. Plant Science. 162: 897-904. **(Journal)**

Sairam, RK., Rao, K .V. and Srivastava, G. C .2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity, and osmolyte concentration. Plant Science. 163:1037-1046. **(Journal)**

Shahid, M., Pervez, M. A. and Ashraf, M. Y. 2011. Characterization of salt tolerant and salt sensitive pea (*Pisum sativum* L.) genotypes under saline regime. Pakistan Journal Life Social Science. 9(2):1-8. **(Journal)**

Soltani, A. and S. Galeshi, 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research. 77: 17–30. **(**In Persian) **(Journal)**

Soltani, A., Gholipoor, M. and E. Zeinali, 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55: 195-200. **(Journal)**

Souza, M. R. D. and Devaraj, V. R. 2010. Biochemical responses of Hyacinth bean (*Lablab purpureus)* to salinity stress. Acta Physiology Plant. 32: 341–353. **(Journal)**

Taleahmad, S. and Hadad, R. 2010. Effect of silicon on antioxidant enzymes activities and osmotic adjustment contents in two bread wheat genotypes under drought stress conditions. Plant Seed. 26(2): 207-225. **(Journal)**

Tavakoli, A., Ahmadi, A. and Alizade, H. 2009. Some aspects of physiological performance of sensitive and tolerant cultivars of wheat under drought stress conditions after pollination. Iranian Journal Crop Science. 40(1), 197-211. (In Persian)**(Journal)**

Terezi, R. and Kadioglu, A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenathe setosa*. Acta Biological Cracoviensia Series Botanica. 48(2): 89-96. **(Journal)**

Tobe, K., Zhang, L., Qiu, G. Y. and Shimizu, H. 2001. Characteristics of seed germination in five non-halophytic chinese desert shrub species. Journal of Arid Environments. 47: 191 -201.

Turhan, H. and Ayaz, C. 2004. Effect of salinity on seedling emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. International Journal Agricultural Biology. 6(1): 149–152. **(Journal)**

Yildirim, E. and Guvenc, I. 2006. Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30: 347-353. **(Journal)**

The study of germination, biochemical and enzymatic characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) affected by drought and salinity stresses

Mehdi Aghighi Shahverdi[1*], Arezo Paravar[1], Mojtaba Ghasemzadeh[2], Atefeh Navabi[3]

Received: March 31, 2017 Accepted: September 10, 2017

Abstract

In order to evaluate the effect of drought and salinity stresses on germination, biochemical and enzymatic characteristics of buckwheat seed were conducted two separate experiments in the laboratory of Seed Science and Technology of Shahed University in 2016. The experiments were conducted in a completely randomized design with three replications. Treatments were including eight levels of osmotic potential (zero, -2, -4, -6, -8, -10, -12and -14 bar) of drought and salinity. Analysis of variance showed were significant the effects of drought and salinity on percentage and rate of germination, seedling length, vigor, chlorophyll content, soluble protein, superoxide dismutase and catalase activity. The results of salinity and drought stresses on measured parameters showed that the effects of salinity and drought were inhibition, but inhibition of osmotic stress of salinity was highest from drought, as a result, no normal germination occurred in the salinity of 10 bar and in drought -14 bar. The decrease in chlorophyll and protein content under drought stress was more of salinity stress and conditions there led to increased activity of catalase under drought stress and superoxide dismutase under salinity stress. The results suggest that buckwheat drought compatibility and more resistant to salinity stress is applied.

Keywords: Buckwheat; Catalase; Chlorophyll; Germination; Protein; Superoxide dismutase

How to cite this article

Aghighi Shahverdi, M., Paravar, A., Ghasemzadeh, M. and Navabi, A. 2018. The study of germination, biochemical and enzymatic characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) affected by drought and salinity stresses. Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(3): 33-46. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2933

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Ph.D Students of Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
2. Expert of production and processing, Zar Giyah farm research, Firuzabad, Fars province, Iran
3. MSc in Chemistry, University of Medical Sciences, Arak, Iran
*Corresponding author Email: m.aghighi@shahed.ac.ir